

理数系教科における 1 人 1 台端末を利用した 授業内の活動の設計と評価

武蔵高等学校中学校

赤間 祐也

他 1 名

1. 研究の動機と背景

1.1. 情報機器の利用についての現状と動向など

文部科学省（2024）「高等学校における学習者用コンピュータの整備状況について（令和 6 年度当初）」によると、公費端末と保護者負担端末（BYOD）を合わせると公立高校においても高等学校設置者である 47 都道府県教委のうち 44 都道府県については令和 6 年 5 月時点で整備率が 100%を超えており、1 人 1 台端末が実現している。その結果高等学校においても 1 人 1 台端末の整備や教室へのインターネット環境の整備、プロジェクトの設置などが進んでおり ICT 機器を用いた様々な授業が可能となってきた。高橋

（2022）は 1 人 1 台端末を活用した高次の資質・能力の育成のための授業づくりについて、複線型の授業とすることや 1 人 1 台端末を活用して「白紙共有」「他者参照」「途中参照」といった学習状況の参照ができるようにすること、子ども自身が学習過程や学習形態、端末活用のタイミングなどを自己決定していくことなどが重要であると述べている。

一方で、ICT 機器の授業での活用は進んでいない。東京大学社会科学研究所・ベネッセ教育総合研究所（2023）「子ども ICT 利用に関する調査 2023 ダイジェスト版」によると、各教科の授業での ICT 機器の使用頻度については高等学校の段階では国語は 52.9%，数学は 60.8%，理科は 52.5%，地理歴史・公民へは 52.4%，英語は 37.6%の回答者が「その授業では ICT 機器は使わない」と回答している。総合的な探究の時間では「その授業では ICT 機器は使わない」の回答割合が 18.4%，情報では 19.2%に留まっている。

授業における ICT 活用を分類するモデルの一つとして、「SAMR モデル」が挙げられる（図 1）。このモデルは Puentedura（2006）が考案したものであり、ICT 機器などを授業で活用する場合に、その新しいテクノロジーや方略が従来の教授方略と比較してどの程度のインパクトを与えるかを 4 つの段階で分類することを提唱するものである。三井（2014）は日本において教師の ICT 活用についての実践を SAMR モデルを用いて分類することを提案している。SAMR モデルは例えば戸田市教育委員会（2022）など地方自治体も参考にしているなどしており、筆者は授業における教師の ICT 活用の手立てを分類するモデルとして日本では標準的なものとなりつつあると考える。

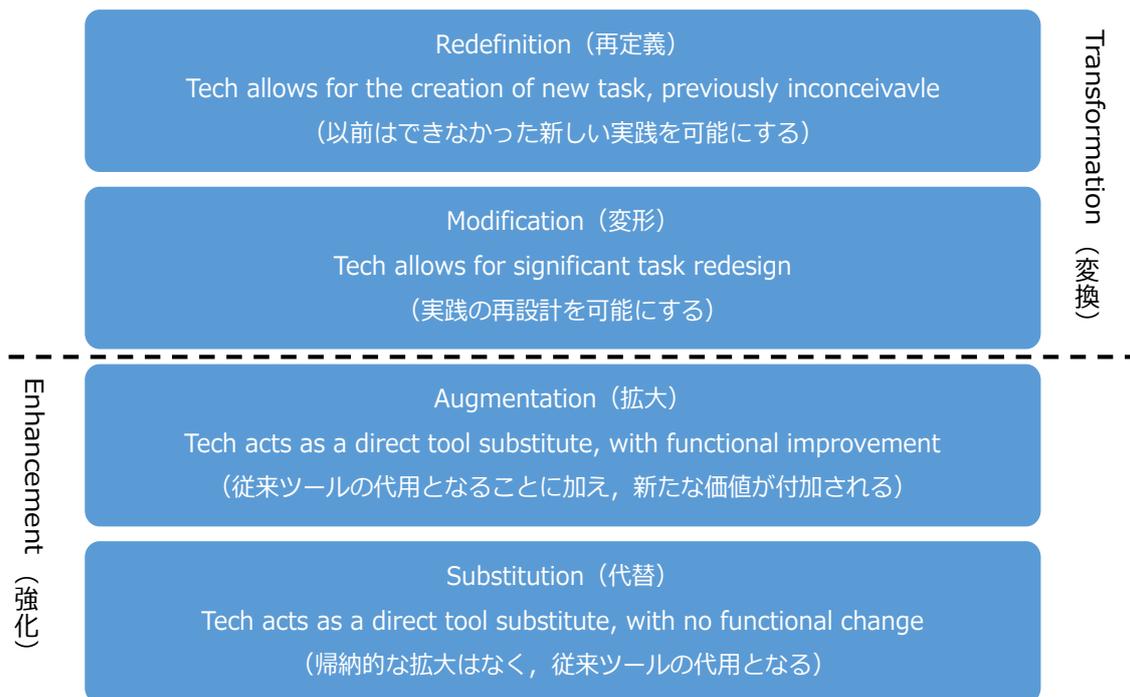


図 1 SAMR モデル

出典：三井ほか（2020）の図をもとに筆者が作成

SAMR モデルを用いた分析についていくつかみると、例えば中村ほか（2022）は 1 人 1 台の情報端末の ICT を活用した授業実践のうち小学校での実践が掲載されている書籍について分析を行っている。その結果教科の授業では SAMR モデルの 4 段階のうち S（代替）と A（拡大）を行っている授業実践が多く、M（変形）や R（再定義）まで行っているものは多くなかったことを報告している。

三井ほか（2020）も ICT を活用した教育を推進している 2 自治体が Web 上に公開している小学校を対象とした実践について分類と分析を行っている。その結果長年 ICT を活用した教育を推進している自治体においても S（代替）と A（拡大）の段階の実践が多く M（変形）や R（再定義）の段階の実践は非常に少ないという偏りが生じていること、1～2 時間の実践を切り取った報告が多く活用が段階的に示されていないことなどを報告している。

いずれの報告も ICT の活用について S（代替）や A（拡大）など現状の授業実践を「強化」するような実践については多く見られるが、M（変形）や R（再定義）など授業のあり方を「変換」するような実践は非常に少なく、かつその段階的な移行が明らかでないことが課題であることを述べている。一方で、ICT 機器が教育利用において真価を発揮するような段階は M（変形）や R（再定義）などの段階であろう。

1.2. 本校における情報機器の利用について

本校は東京都練馬区にある併設型中高一貫教育校である。1 学年 176 名の男子校であり、高等学校段階からの生徒募集は行っていない。全教室にプロジェクタが設置されており、以前より教師が説明のためにプロジェクタを用いて投影する、音声や動画を流すなどは可能であった)。1 人 1 台端末については学年進行で進めてきており、2024 年 12 月現在では全教員および全生徒について学習用情報端末 (iPad) の配布が達成された。コロナ禍を機に LMS (Google Classroom) の導入や各教室の Wifi 環境の整備が進み、2024 年度からは全生徒に対して学習支援アプリケーションである”MetaMoji ClassRoom” (以下単に MetaMoji と表記する) を導入している。操作ガイドによるとこのアプリケーションの主な特徴として PDF を生徒のタブレットにペーパーレスで配信できること、生徒は配られた教材の上に事由に手書き学習できること、超拡大して細かく編集したり写真や音声・動画の貼り付けができること、教師は生徒の学習内容をリアルタイムでモニタリングできること、ワークシートを共有して実験のまとめや新聞作りなど共同学習ができること、の 5 点を挙げている。

1.3. 先行研究について

本校では昨年度も「理数系教科における ICT 機器を利用した授業の設計と評価」の題目で研究を実施している。報告書である赤間・前廣 (2024) は昨年度の研究の結果について、数学科では授業中に学習者の解答などを共有するような授業は学習者からは多くの支持を得ることはできず、学びの共有について学習者が効果的である、と感じるような活動の設計が課題となっていた。また、理科では高校生の学習端末の効果的な利用方法について明らかにできたが、中学生については検討していない。

2. 研究の目的

先行研究，および本校における前年度の研究成果を受けて，本研究の目的を，学習者の持つ1人1台端末を授業においてうまく利用することで授業内の活動が学習者にとってより効果的で，効率的で，魅力のあるものを感じられるものになり得ることを検証することを目的とする．そのために数学科および理科において1人1台端末を利活用するような授業中の活動を設計する．また，数学科および理科において設計した活動を評価するような質問紙調査を設計し，評価を行う．研究の概要図については図2を参照されたい．

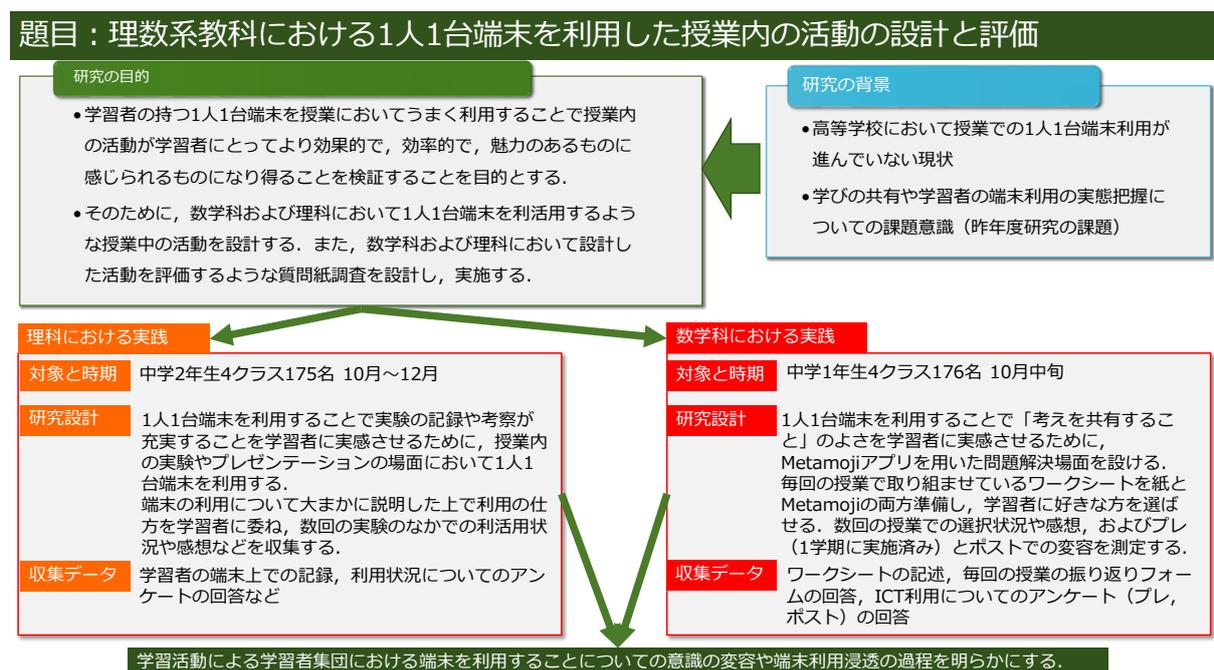


図2 研究の概要図

3. 理科における研究

理科においては昨年度高校生の探究的な実験の場면을対象として、学習者が実験において1人1台端末をどのように活用するのか、その使い方や場面における差について調査を行った。そこで今年度の研究では対象を中学生全員として、1人1台端末を利用することで実験の記録や考察が充実することを学習者に実感させるために、授業内の実験の場面において端末を利用する。利用の仕方についてはある程度は学習者に委ね、数回の実験のなかでの利活用状況や感想などを収集する。

3.1. 研究の方法

3.1.1. 研究の時期及び対象

研究の対象は本校の中学2年生175名である。2024年10月末月から11月末にかけて、「科学B」(理科)の授業を用いて実施する。本授業では週1時間クラスの人数を半分に分割し、生物分野における実験を実施している。表1は期間中の実験内容である。毎回の実験において資料を確認する、写真を撮って記録する、Google Formに回答するなどの端末の活用場面を設ける。

3.1.2. 調査項目について

一連の実験が終わった後である2024年12月4日(水)の授業において調査を実施した。表2および表3は調査項目である。調査は授業時間中に時間をとってGoogle

表1 授業の概要

実験の内容	授業内の活動・情報端末の使用場面
唾液による消化実験 (10/30・10/31)	デンプンに唾液を加えたものを加熱するとデンプンが分解されて糖になることを確認する実験。実験のプロトコルの確認、および試薬の色変化の記録に端末を使用。
唾液に代わる酵素を 探せ! (11/6・11/7)	デンプンを分解する酵素を含む食品について、学習者が予め立てた仮説に基づいて実験を実施。仮説の発表、実験のプロトコルの確認、および試薬の色変化の記録に端末を使用。
リターバッグの回収 (11/13・11/14)	1学期に設置したリターバッグを回収し、重量の変化や付着した土壌生物を記録する。回収物の記録に端末を使用。
唾液に代わる酵素を 探せ!発表 (11/15・11/19)	11/6・11/7に行った実験の結果について班ごとにプレゼンテーションを行う。発表スライドの作成や情報収集、プレゼンテーションに端末を利用。
土壌生物の観察 (11/20・11/21)	11/13・11/14に回収したリターバッグに付着した土壌生物をスケッチし、分類した結果をGoogle Formに入力する。調べ学習や記録、分類結果の入力に端末を利用。

表 2 「J2 科学 B における ICT 利用についてのアンケート」 質問項目概要 1

I. 回答者の属性に関する項目

組・番号・氏名

II. 使用デバイスや使用メディアを問う項目

選択肢：書籍・iPad・スマートフォン・タブレット・PC・使っていない・その他

- ① 酵素実験の実験材料の候補を探すための情報収集には何を使ったか.
- ② 酵素実験の班別プレゼンテーション準備において発表用の情報収集には何を使ったか.

III. 1人1台端末の使用頻度を問う項目

選択肢：かなり使った・やや使った・ほとんど使わなかった・全く使わなかった

- ③ 酵素実験において実験材料の候補を探すための情報収集には iPad をどの程度使ったか.
- ④ 酵素実験の班別プレゼンテーション準備において発表用の情報収集には iPad をどの程度使ったか.

IV. 紙か iPad のどちらがよいかを問う項目

選択肢：紙の方がよい・iPadの方がよい・どちらも変わらない +理由の記述

- ⑤ 実験の際「実験方法(手順)」を見るのに紙(ワークシート)での配布と iPad(Classroom)へのデータ配信ではどちらがよかったか.
- ⑥ 実験の際実験結果や考察を提出するのに紙(ワークシート)での提出と iPad(Google フォーム)を利用した提出ではどちらがよかったか.
- ⑦ 実験の際写真やスケッチを提出するのに紙(スケッチや文章)での提出と iPad(写真)を利用した提出ではどちらがよかったか.
- ⑧ 酵素実験の班別計画を立てる際に行った実験材料候補の共有には紙(ワークシート)と iPad(スプレッドシートの共有)のどちらがよかったか.
- ⑨ 酵素実験の班別プレゼンテーション準備において写真などの実験結果の共有には紙と iPad(AirDrop や Google スライド)のどちらがよかったか.
- ⑩ 酵素実験の班別プレゼンテーション準備において発表資料の作成には紙と iPad(Google スライドを利用した共同編集)のどちらがよかったか.
- ⑪ 酵素実験の班別プレゼンテーション準備において発表形式は紙と iPad(Google スライド投影による説明)のどちらがよかったか.

Form で実施した。回答者は当日の出席者 164 名である。

なお、研究は所属校の許可を得たうえで実施し、回答者に対して必要な説明はおこなった。

表 3 「J2 科学 B における ICT 利用についてのアンケート」 質問項目概要 2

<p>V. iPad の使い方の違いの有無を問う項目</p> <p>選択肢：あった・なかった + (「あった」の場合) 具体的な記述</p> <p>⑫ iPad を用いた実験の際にグループ実験(酵素実験)と個人実験(唾液実験など)では iPad の使い方に違いはあったか.</p> <p>VI. iPad の有用性についての総合評価の項目</p> <p>選択肢：かなり有用であった・やや有用であった・あまり有用でなかった・有用でなかった・利用していないので分からないの 5 択+理由の記述</p> <p>⑬ 授業で iPad を利用した様々な場면을総合して考えて「科学 B」の授業において iPad は有用であると感じたか.</p>
--

3.2. 授業の実施

表 1 の予定にもとづいて授業を実施した。授業は実験についてはクラスの半分である 22 名に分割して本校生物実験室で実施した。プレゼンテーションについてはクラス全員を対象として各クラス教室で実施した。授業中の様子を図 3 に示す。

3.3. 調査の結果と分析

3.3.1. 調査の結果の単純集計

表 5・表 6 は調査の結果を単純集計したものである。表 4 は調査のうち「II. 使用デバイスや使用メディアを問う項目」について単純集計した結果である。回答者数は 164 名であるが、複数回答が可能であるので合計回答数が 164 名を超えている。①, ②いずれについても iPad が多数を占めていた。

表 5 は調査のうち「III.1 人 1 台端末の使用頻度を問う項目」について単純集計した結果である。③, ④のいずれについても「かなり使った」「やや使った」の回答を合わせて過半数を超えていた。有意水準 5% でカイ 2 乗検定を行ったところ人数差について有意差が

表 4 II. 使用デバイスや使用メディアを問う項目単純集計(複数回答が可能)

	書籍	iPad	スマート フォン	タブレ ット	使って PC いない	その 他	合計	
①酵素実験の実験材料の候補を探すための情報収集	3	112	13	1	7	25	6	167
②酵素実験の班別プレゼンテーション準備の情報収集	7	120	8	1	3	29	3	171

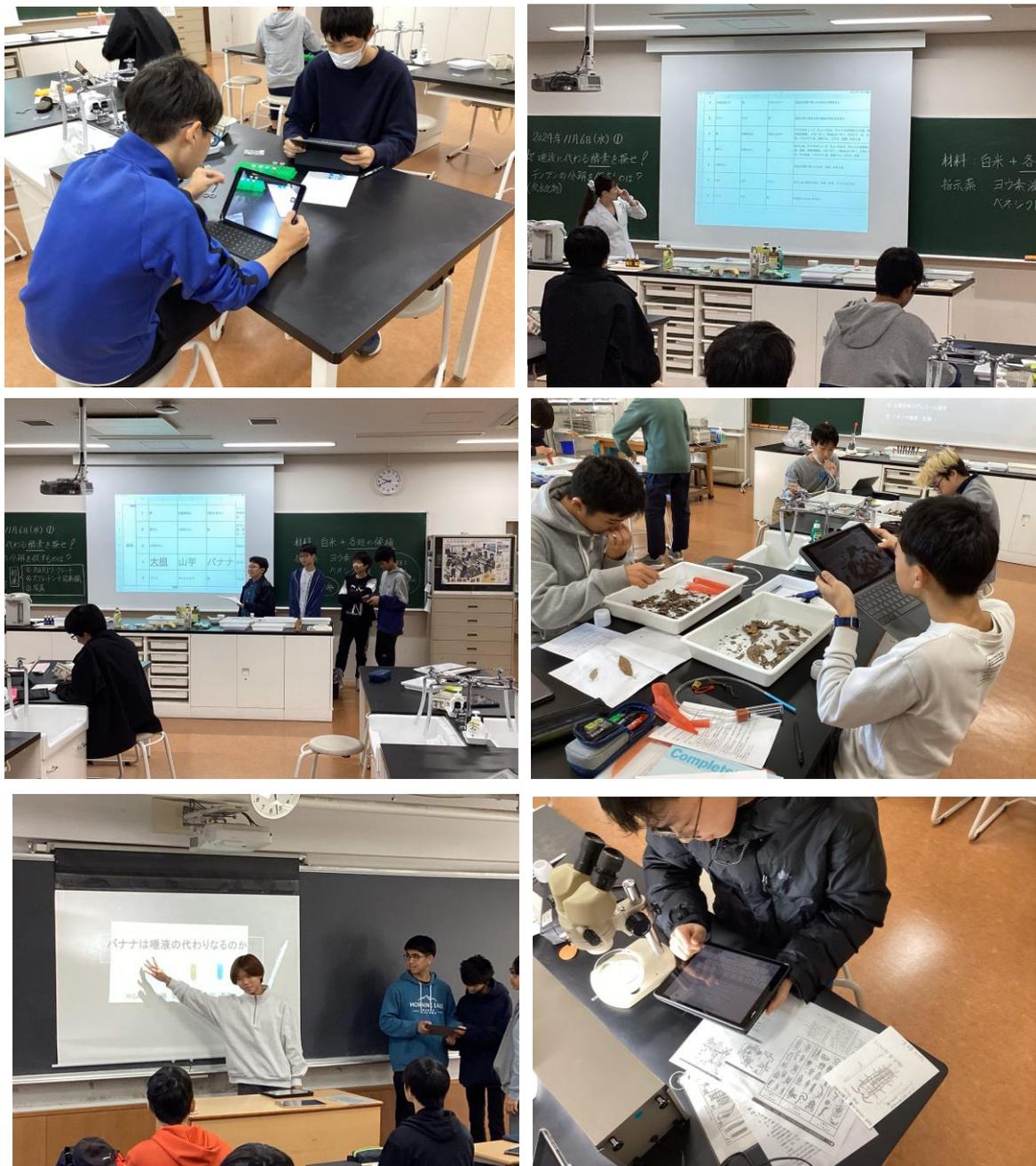


図 3 授業中の写真

上段左：唾液実験で試薬の色の变化を iPad で撮る

上段右：酵素実験での各班の仮説をプロジェクタで共有する

中段左：酵素実験で各班選んだ材料について説明する

中段右：回収したリターバッグを記録のために撮影する

下段左：酵素実験の結果についてプレゼンする

下段右：リターバッグに付着した土壤生物についてスケッチした後分類・記録する

表 5 III.1 人 1 台端末の使用頻度を問う項目単純集計 (N = 164)

	かなり 使った	やや使っ た	ほとんど使わ なかった	全く使わな かった
③酵素実験において実験材料の候補 を探すための情報収集には iPad を どの程度使ったか	42	87	19	16
④酵素実験の班別プレゼンテーショ ン準備において発表用の情報収集に は iPad をどの程度使ったか.	42	92	13	17

表 6 IV. 紙か iPad のどちらがよいかを問う項目単純集計 (N = 164)

	紙の方 がよい	iPad のほ うがよい	どちらも変 わらない
⑤実験の際「実験方法(手順)」を見るのに紙(ワー クシート)での配布と iPad(Classroom)へのデータ 配信ではどちらがよかったか.	82	54	28
⑥実験の際実験結果や考察を提出するのに紙(ワー クシート)での提出と iPad(Google フォーム)を利用 した提出ではどちらがよかったか.	78	73	13
⑦実験の際写真やスケッチを提出するのに紙(スケ ッチや文章)での提出と iPad(写真)を利用した提出 ではどちらがよかったか.	35	114	15
⑧酵素実験の班別計画を立てる際に行った実験材 料候補の共有には紙(ワークシート)と iPad(スプレ ッドシートの共有)のどちらがよかったか.	11	148	5
⑨酵素実験の班別プレゼンテーション準備におい て実験結果の共有には紙と iPad(AirDrop や Google スライド)のどちらがよかったか.	6	148	10
⑩酵素実験の班別プレゼンテーション準備におい て発表資料の作成には紙と iPad(Google スライド を利用した共同編集)のどちらがよかったか.	12	144	8
⑪酵素実験の班別プレゼンテーション準備におい て発表形式は紙と iPad(Google スライド投影に よる説明)のどちらがよかったか.	1	155	8

表 7 V. iPad の使い方の違いの有無を問う項目単純集計 ($N = 164$)

	あった	なかった
⑫ iPad を用いた実験の際にグループ実験(酵素実験)と個人実験(唾液実験など)では iPad の使い方に違いはあったか.	36	128

表 8 VI. iPad の有用性についての総合評価の項目単純集計 ($N = 164$)

	かなり有用	やや有用	あまり有用でない	有用でない	利用していないのでわからない
⑩授業での様々な場面を総合して考えて「科学 B」の授業において iPad は有用であると感じたか.	63	91	9	0	1
	38%	55%	5%	0%	1%

生じていた (③: $\chi^2(3) = 78.683, p < .01$ ④: $\chi^2(3) = 96.634, p < .01$).

表 6 は「IV.紙か iPad のどちらがよいかを問う項目」について単純集計した結果である。「紙の方がよい」の回答が過半数であった項目は⑤「実験方法(手順)」の確認の項目のみであった。逆に「iPad のほうがよい」の回答が過半数であった項目は⑦実験の写真やスケッチの提出の項目, ⑧実験材料候補の共有の項目, ⑨実験結果の共有の項目, ⑩発表資料の共有の項目, ⑪発表形式の項目であった。同じく有意水準 5%で有意差が生じていた(⑤: $\chi^2(2) = 26.683, p < .01$ ⑥: $\chi^2(2) = 47.866, p < .01$ ⑦: $\chi^2(2) = 100.56, p < .01$ ⑧: $\chi^2(2) = 239.354, p < .01$ ⑨: $\chi^2(2) = 239.171, p < .01$ ⑩: $\chi^2(2) = 219.122, p < .01$ ⑪: $\chi^2(2) = 276.671, p < .01$).

表 7 は「V. iPad の使い方の違いの有無を問う項目」について単純集計した結果である。グループ実験と個人実験とのあいだで iPad の使い方に違いはなかったという回答が多かった。

表 8 は「VI. iPad の有用性についての総合評価の項目」について単純集計した結果である。「かなり有用」と回答した回答者がおよそ 4 割, 「かなり有用」「やや有用」を合わせると 9 割を超えていた。

3.3.2. 理由の分類

前節の結果を受けて, ここでは「⑫ iPad を用いた実験の際にグループ実験(酵素実験)と個人実験(唾液実験など)では iPad の使い方に違いはあったか」の項目, および「⑩授業での様々な場面を総合して考えて「科学 B」の授業において iPad は有用であると感じたか」の項目について理由の記述を分類する。表 9 は「⑫ iPad を用いた実験の際にグループ実験(酵素実験)と個人実験(唾液実験など)では iPad の使い方に違いはあったか」の項目について「あっ

表 9 V. iPad の使い方の違いの有無を問う項目理由の集計 (N = 36)

カテゴリ	記述数	記述の具体例
iPad の共用	7	一人の iPad をみんなで見ながら作業した
肯定的 役割分担	7	写真を撮る係, フォームに回答する係など分担した, それぞれ違うものを開いてみた
定的 情報共有	6	写真を他の人に取ってもらって airdrop など共有した, 情報を共有するためのグループを作った,
助け合い	3	周りの人と確認しながら実験ができた, 助けてもらえたり忘れることがあまりなかった
共同作業	2	グループでスライドを共有して作業できた, 共同作業がしやすく恩恵を感じた
効率の良さ	1	一人が iPad で次何をすればよいか指示することで効率的に作業できた
否定的 責任の集中	5	提出する代表者に負担がかかった, iPad を使わない人やサボる人がいた
定的 グループの 自由さ	3	一人の方が操作を行いやすい, 分担のためにメールでやり取りするのが煩雑
情報共有の 不足	1	提出が代表者 1 名なのでちゃんと提出できていたか不安
学びの分散化	1	複数人だと実験や実験結果について触れる機会が少なくなることがある

た」と回答したものについてその理由の記述を分類したものである。なお、分類はキーワードを抽出して KJ 法で行い、利用について肯定的・否定的のどちらであったかと、その具体的な記述に基づいてカテゴリに分類した。肯定的なものでは「iPad の共有」や「役割分担」について述べた者が同数で最も多く、否定的なものでは「責任の集中」について述べた者が最も多かった。

表 10 は「⑬授業で iPad を利用した様々な場面を総合して考えて『科学 B』の授業において iPad は有用であると感じたか」の理由の記述について分類したものである。なお、分類はキーワードを抽出して KJ 法で行い、記述に基づいてカテゴリに分類した。なお、カテゴリについては該当する記述が 2 件以上見られたもののみ列挙した。

カテゴリのうち最も分類された記述が多かったのは「長所短所がある」である。質問の回答が「やや有用である」「あまり有用でない」では最も多い理由の記述である。例えば iPad を使うと便利な場面もあるが、一方でメモをするような場面、知識の記憶をしな

表 10 VI. iPad の有用性についての総合評価理由の記述の集計 (N = 154)

カテゴリ	かなり 有用	やや 有用	あまり有 用でない	合 計	具体的な記述
長所短所がある	2	36	7	45	実験の時は紙がよい, 提出や発表には iPad がよい, メリットはあるがデメリットもある, 使い方を考える必要がある
活用場面の広さ	19	8	0	27	提出, 情報共有, 編集, 写真撮影など様々な用途に使える
使いやすさ	14	10	0	24	紙よりも使いやすい, 便利,
共有のしやすさ	4	6	0	10	みんなで共有できる, 写真や資料を相手に見せるのが簡単
編集のしやすさ	1	6	0	7	文章を打つのが楽, 発表で資料など作りやすい
効率のよさ	4	2	0	6	効率よく内容を理解できる, スライド作成が速い
共同編集のしやすさ	3	3	0	6	みんなで同時編集できる, 学校外でも書き込みできる
整理のしやすさ	2	4	0	6	紙だと失くしてしまう, 失くさない
携帯性の高さ	3	2	0	5	失くさない, 持ち運びが簡単, 荷物が減る
変わらない	1	3	1	5	特に困った点はない, 不便は感じない
発表場面の有用性	1	3	0	4	発表にはよい, うまくプレゼンできる
特になし	2	1	0	3	特にない, 直観
情報収集のしやすさ	1	2	0	3	すぐに調べられる, 情報収集しやすい
提出のしやすさ	0	3	0	3	実験結果を表や写真で提出できるのは便利

ければならないような場面では紙の方がよい, など場合によって有用なものが異なるという記述である. 一方で「かなり有用」と回答した回答者の理由の記述で最も多かったのは「活用場面の広さ」のカテゴリに該当する記述であった.

3.4. 考察

3.4.1. 授業において情報端末の利用は学習者に有効と感じられたか

表 8 の結果より、⑩「科学 B」の授業で iPad を利用することについて 4 割弱の回答者が「かなり有用」と、5 割強の回答者が「やや有用」と回答している。95%の回答者が肯定的に回答していることから、ほとんどすべての学習者が授業における情報端末の利用を有用であると感じた、といえる。

一方で表 6 より、授業内の様々な場面において紙と iPad を比較すると「iPad のほうがよい」と感じる回答者が多い場面、「紙の方がよい」が多い場面、両者が拮抗している場面など様々であった。

3.4.2. 何が学習者にとって情報端末の利用が有効であると感じさせたのか

表 10 より、⑩「科学 B」の授業で iPad を利用することについての理由の記述をみると、ほぼすべての回答者は iPad の利用に有用な場面を具体的に見出している。その上で、iPad の利用について様々な活用場面を見出した回答者が「かなり有用」であると回答した者が多かった。一方で、「長所短所がある」と回答した回答者のように、iPad と紙を比較したときに紙にもそれなりに有用な場面を見出した回答者は「やや有用」「あまり有用でない」と回答したようであった。

これらのことから、共同編集や共有、授業外学習での利用などほとんどの学習者が情報端末の利用に「よさ」を感じるような学習場面においては iPad などの情報端末を活用しない、という選択肢はないだろう。一方で、少なくない学習者が紙にも「よさ」があるような学習場面もあると感じていることから、学習場面ごとの使い分けや学習者の特性や嗜好にあわせた選択肢を複数用意するなどの授業設計が必要であろう。

4. 数学科における研究

数学科においては昨年度の研究の結果授業中に学習者の解答などを共有するような授業は学習者からは多くの支持を得ることはできず、学びの共有について学習者が効果的である、と感じるような活動の設計が課題となっていた。

学びの共有について、赤間（2024a）は2023年12月に中学3年生を対象として多面体模型を用いて多面体を作成し、観察や考察した結果についてGoogleドキュメントにまとめる活動を実施し、活動において情報端末を利用したことについて学習者に質問紙調査を行っている。その結果情報機器を活用したことについて学習者から肯定的な回答が多く見られたことを報告している。

一方で赤間（2024b）は2024年3月に中学校3年生と高等学校1年生の学習者を対象として授業においてLMSを利用することやプリントを紙で配ること、数学の問題をiPad上で解くことなどについて質問紙調査を行っている。その結果現状では説明資料や演習プリントなどは各自の情報端末から閲覧することができることについて利便性は感じているものの、紙かPDFのどちらかを選ぶとしたら紙で配られることを希望する者が多く、特に演習プリントについては紙を求めるものがいずれの学年でも有意に多い結果となった。また、iPad上で手書きで数学の問題を解いた経験のある学習者は半数に満たず、そもそも数学の問題を情報端末を用いて解く経験のある学習者が少ないこと、数学の問題を手書きで解くことについてiPad上と紙を比べると紙がよい、と答えた学習者が有意に多く見られた。

以上より、赤間（2024a）のように数学の授業において活動の題材を工夫することで学習者がICT機器を用いて学びの共有場面を設けることについて効果的である、と感じるような場面を作り出すことは可能であると考えることができる。一方で、赤間（2024b）でみられたように、数学において従来は紙に手書きで書いて取り組んでいた問題解決の場面をすべて情報端末上で行うことは学習者にとっては慣れていない、抵抗感のあることであるといえる。

学習者が学びの過程を共有しながら数学の学習を進めていくためには従来は紙に手書きで書いていたような思考の過程や答案などを情報端末に順次移行していくことが必要であると考えられる。学習者が情報端末上で問題解決を行うことについてレディネスを欠いていると考えれば、高めるような活動が必要であろう。そこで本研究では学習者が情報端末を用いて手書きで活動を行うことのレディネスを高めるような活動を検討することとする。

そこで、ここでは中学校数学科において学習者が1人1台端末を無理なく活用できるように学習支援アプリケーションを導入した活動を設計し、学習者が1人1台端末を用いて学習を進めることに対する認識を変容しうることを検証する。

表 11 期間中の授業内容概要

回	日程	内容の概略
1	10/16 水	二角夾辺の合同条件の証明
2	10/19 土	三角形の合同条件を利用した証明
10/21-10/25 二学期中間試験		
3	10/26 土	二等辺三角形の底角定理・三辺相等の証明
4	10/30 水	直角三角形の合同定理
5	11/2 土	底角定理とその逆
	11/6 水	(定期試験返却・解説・調査実施)
6	11/9 土	二等辺三角形の性質・作図題
7	11/13 水	対称移動について
8	11/16 土	平行の定義と性質

4.1. 研究の方法

授業設計に基づいた授業を行い，質問紙調査により検証する．調査はは(I) 認識の変容をはかるための調査と，(II) 毎回の授業における調査の 2 種を行う．

4.1.1. 研究の対象および期間

授業実践の対象は本校の中学 1 年生 ABCD 組 4 クラス 176 名である．数学の授業のうち「数学 2 (幾何)」(週 2 時間) の時間にて行う．期間は 2024 年 10 月 16 日から 11 月 16 日までで，期間中に全 8 回の授業を行った．各回の授業内容を表 11 に示す．

4.1.2. 授業設計および使用するアプリケーション

1.2 節で述べたように，本校では今年度より学習支援アプリケーションである MetaMoji を全学年で導入している．本研究では授業中の問題解決や共有に MetaMoji を活用する授業を設計する．毎回の授業を①教師が教師用端末を用いてプロジェクタへのスライド投影などにより学習の要点を説明する場面 (説明場面)，②学習者が 1 人 1 台端末を用いて MetaMoji 上で問題解決を行う場面 (問題解決場面)，③学習者が行った問題解決の様子を MetaMoji のモニタリング機能を利用するなどしてクラスで共有する場面 (教諭場面) の 3 つからなるように設計した．概要図を図 4 に示す．

①説明場面では前時の授業の「振り返り」の共有のほか他クラスを含めた問題解決の共有，本時の内容の説明などを教師が作成したスライドをプロジェクタ投影するなどして行う．

②問題解決場面では学習者が 1 人 1 台端末を利用してワークシートにて問題解決に取り組む．ワークシートは予め MetaMoji を通じて学習者に配信する．学習者は基本的には入力デバイスとしてデジタルペン (Apple Pencil)，キーボードのいずれも所持している

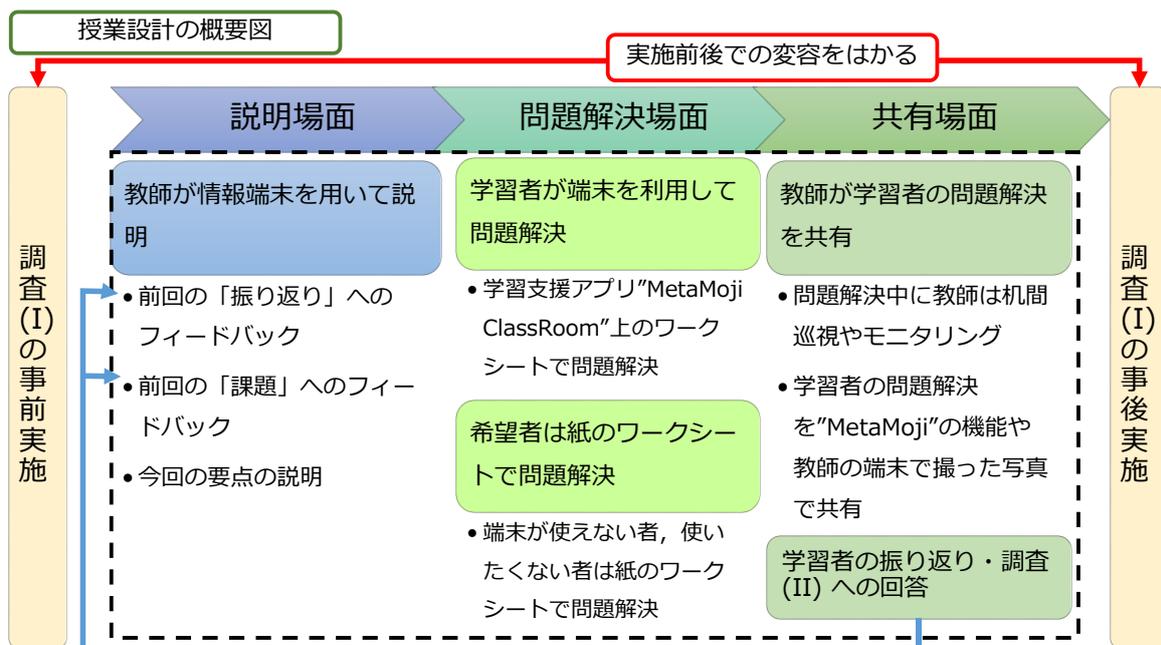


図 4 数学科研究の概要図 (赤間(2025)図 1 より引用)

が特にどちらかを使用するよう指示はしなかった。また、習熟の様子を見て途中から授業の最後に MetaMoji の「他者の答案を見られる」機能を解禁し、他者参照可能とした。なお、本校では端末は原則自宅に持ち帰らせている。端末を忘れる者、充電が残っていないなどのトラブルがある者などが想定される。加えて端末ではなく紙で問題を解きたい学習者にも対応するためワークシートを紙でも一定数印刷して準備した。

③共有場面では教師が MetaMoji のモニタリング機能を用いる、紙で問題解決を行った学習者の答案の写真を撮ったものをプロジェクタ投影するなどにより学習者の問題解決の様子をクラスで共有する。

なお、本授業においては毎回授業後の課題として授業の振り返り（理解度、学んだこと、疑問に思ったこと）を課しており、次回授業の冒頭においてその内容についてフィードバックを行っている。期間中は加えて授業における MetaMoji の利用状況についての調査を行った。

4.1.3. 調査項目について

数学科においては学習者の認識の変容を捉えるために (I) 認識の変容をはかるための調査と、(II) 毎回の授業における調査の 2 種を設計した。

(I) 認識の変容をはかるための調査は本研究の実施前と実施後に 2 回、学習者が 1 人 1 台端末を利用して数学の問題解決を行うことについての認識を捉えるために実施する。質問項目を表 12 に示す。質問項目には(1)学習状況についての項目、(2)資料を紙で配ることについての項目、(3)数学の問題を iPad 上で解くことについての項目を設けた。なお、項目作成にあたっては赤間(2024b)にて実施した調査をもととした。

(II) 毎回の授業における調査は学習者の授業中の取組状況や授業の感想を収集するた

表 12 (I) 認識の変容をはかるための調査 質問項目

(1) 学習状況に関する項目
① 授業理解度 (0~10)
② 授業の取り組みの自己評価 (0~10)
(2) 資料を紙で配布することについての項目
③ 説明スライドについて PDF と紙のどちらがよいか (1~5・理由記述)
④ ワークシートについて PDF と紙のどちらがよいか (1~5・理由記述)
(3) 問題を iPad 上で解くことについての項目
⑤ iPad の端末上で数学の問題を手書きで解いた頻度 (1~7・理由記述)
⑥ 数学の問題を iPad 上と紙のどちらで解くのがよいか (1~5・理由記述)
⑦ 感想など (自由記述)

表 13 (II) 毎回の授業における調査 質問項目

(i) 今回紙と MetaMoji のどちらで取り組んだか (紙(iPad 忘れかどうか), MetaMoji)
(ii) 前回紙と MetaMoji のどちらで取り組んだか
(iii) 紙と MetaMoji のどちらがよいと感じたか (1~5・理由記述)
(iv) MetaMoji のほうが紙より優れていると感じたことがあれば書く (自由記述)
(v) 紙のほうが MetaMoji より優れていると感じたことがあれば書く (自由記述)

めに毎回の授業後に振り返り課題と同時に行う。質問項目を表 13 に示す。(i)は今回の授業において紙と MetaMoji のどちらで取り組んだのか、紙の場合端末が使えずに紙にしたのか、それとも意図的に紙で取り組んだのかを問うている。(ii)は前回はどうであったかを問うている。(iii)では紙と MetaMoji のどちらがよいと感じたかを、(iv)、(v)ではそれぞれについてよいと思った点を問うた。なお、途中の実施回より MetaMoji では入力デバイス(デジタルペンでの手書きか、キーボード入力か)を分けて、紙では理由(iPad 忘れ、iPad が使えない、iPad は使えたが紙を選んだ)を分けて問うよう選択肢を修正した。

4.1.4. 調査の実施と収集したデータの分析について

(I)認識の変容をはかるための調査は本研究の実施前である 2024 年 7 月 9 日(火)、および実施後である 2024 年 11 月 6 日(水)の授業時間中に、各授業の出席者を対象として実施した。調査は Google Form を用いて記名式で行い、回答者は各自の端末を用いて回答した。2 回の調査での変容を捉えるため分析対象は双方の調査にともに回答した回答者 154 名に定める。(II)毎回の授業における調査は各回の授業後に Google Form にて調査を実施した。(II)の調査については各回とも授業の出席者数が異なるため、各調査にお

中1幾何第8回授業 2024/10/16

授業理解度	人数
10	22
9	40
8	36
7	10
6	3
5	5
4	0
3	0
2	1
1	0
0	3
計	120

前回の授業振り返り

学んだこと
三角形の合同条件について、中学受験の頃は名前がついていなかったが本当は二辺夾角など名前がついているということ、合同条件は3つあること。
辺の長さや角などを比べることで合同かどうかを証明できること。
合同は≒で表すということ。
小学校でもやったことを改めてやることでどんな条件が過不足なく与えられればいいのか分かった。
二辺夾角と二角夾辺は基礎事実であるということ。
二辺一角では合同にならないこと、円を使って説明する方法に感心した。
小学校の時に教えられたことも1つ1つ幾何では定義していくこと（今回は三角形の合同）。
小学校ではどれが合同か選ぶだけだったが中学からは合同である証明もしなければならぬこと。

前回の授業振り返り

疑問に思ったこと、分らなかったこと
直角に補角はあるのか
なぜ三角形が合同だと証明するのに3つの証拠がいるのか？
なぜ二辺夾角相等と二角夾辺相等は証明できないのか、二辺夾角相等は基礎事実なのか、
基礎事実1から3をおさらいしたい、基礎事実1から4までを授業でもう一度やって欲しい。
三角形の合同条件で二角夾辺でなく、二角一辺でいいのではないか。
三角形以外の合同な図形はどんな定理があるのか、四角形など他の多角形にも合同条件があるのか、
多角形の種類の無限なら合同条件も無限にあるかということが気になった。
直観的と直感的について、
とても内容が難しかったので、次の授業の際にもう一度復習として説明してほしい。
三角形に合同条件は他にないのか。
なぜ一回一回（仮定より）を書かなきゃいけないのか。（正直めんどくさい）
三角形の合同条件を証明できないことが不思議に思った。
漢字が分からなかった

前回WS問題1

(例) (証明) $\triangle ABC, \triangle QPR$ について
 $AB = QP = 3$ (仮定より) ①
 $BC = PR = 5$ (仮定より) ②
 $\angle A = \angle Q = 40^\circ$ (仮定より) ③
 $\therefore \triangle ABC \cong \triangle QPR$ (S.A.S.)

$\triangle HGI, \triangle ONM$ について
 $\angle H = \angle O = 30^\circ$ ① (仮定より)
 $\angle I = \angle M = 110^\circ$ ② (仮定より)
 $HI = MO = 4$ (仮定より) ③
 $\therefore \triangle HGI \cong \triangle ONM$ (A.A.S.)

$\triangle JKL, \triangle FDE$ について
 $\angle L = \angle E = 50^\circ$ ① (仮定より)
 $JL = FE = 4$ ② (仮定より)
 $KL = DE = 5$ ③ (仮定より)
 $\therefore \triangle JKL \cong \triangle FDE$ (S.A.S.)

2つの三角形が合同であることを証明するには右のように2つの図形において成り立つ条件を列挙して、合同条件が成り立つことからいうのであった。

いずれの条件でも点の対応を取ることを忘れない。
 $\triangle JKL \cong \triangle FDE$ は2つの三角形だとF, KとD, LとEが対応していることを意味する。

(Ⅱ) 仮定より $\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ において
 $\angle B = \angle B'$
 $\angle C = \angle C'$
 $BC = B'C'$

(仮定) $AB = A'B', AC = A'C', \angle A = \angle A'$

平面図 直線上に点 A', B' をとり $A'B' = AB$ とする。このとき $\triangle A'B'C' \cong \triangle ABC$ (基礎事実Ⅲ、二角夾辺の合同) $\therefore \angle A'C'B' = \angle ACB$

(\therefore は、直線上の動き) 一方、条件によって $\angle A'C'B' = \angle ACB$ となるが、 A', A', C' の3点は同一直線上にはないから、直線 $A'C'$ と直線 AC とは異なる。これは、角の終点に関する

二辺夾角から二角夾辺を導く証明(P.16)

基礎事実Ⅲは逆であるので $AB = A'B'$ でなければならぬ。
 $\therefore \triangle ABC \cong \triangle A'B'C'$ (Ⅱ, 二辺夾角の合同) Q.E.D.

赤枠で囲った「 $AB \neq A'B'$ とすると、 $AB = A'B'$ となる A' とは違う点 A' が取れる」という発想（もし成り立たないのなら別に成り立つものがあるはず、という発想）はこれからよく用いるので理解しておくこと。

基礎事実Ⅲに矛盾することで証明している。（基礎事実はこのように証明に使う。）

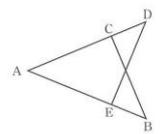
図 5 授業で用いた説明用スライドの例 (10/16 授業より)

2024/10/16 中1幾何 第8回 ワークシート

問題1

右の図で
 $BA = DA, \angle B = \angle D$
 ならば
 $BC = DE$
 となります。

(1) 仮定と結論をいみなさい。
 (2) このことを証明するとき、どの三角形とどの三角形の合同をいえばよいですか。
 (3) 仮定から結論を導く証明を書きなさい。



組番氏名: _____

問題2

まず「図を書き、条件・結論をはっきり書いてから証明を！」

1. 線分 AB 上に任意の点 C を取り、 A, B から AB の同じ側に垂線（ AB に垂直な直線を、 AB の垂線という） AD, BE をひき、 $AD = CB, BE = CA$ であるようにすれば、 $CD = CE$ である。（「……」ことを証明せよ。」の部分分は、略すことが多い）

図 6 授業で用いたワークシートの例 (10/16 授業より)

いて回答の割合を算出し割合について分析対象とした。

収集したデータは各回答者の調査の回答結果、学習者の授業中の MetaMoji での回答データ、および授業中に紙で取り組んだ学習者の答案の写真である。調査の回答結果について、量的データは事前と事後の変容を捉えるために利用し、記述データは KJ 法によるカテゴリ化の上分類を行う。なお、研究の実施にあたっては本校校長の許可を得たうえで参加者に対して説明を行い、同意を得た。

4.2. 授業の実施

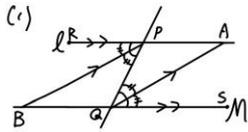
表 11 の授業予定に基づいて授業を実施した。図 5 は授業で使用したスライドの例である。①説明場面において授業の冒頭において前回の振り返りの結果や前時にみられた学習者の答案についてフィードバックを行った。

図 6 は授業で使用したワークシートの例である。②問題解決場面においてワークシートの PDF データを MetaMoji にて配信し、学習者に問題解決をさせた。また、B4 サイズの

問題2 以下の命題を証明したい。

1. 一直線が 平行な二直線と交わってできる一組の錯角の二等分線は平行である。

- (1) 主要な点に名前を付けて図を描いた上で、証明の前提と結論を書きなさい。
 (2) 前提から結論を導く証明を書きなさい。



前提 $l \parallel m$, $\angle RPQ = \angle QPB$, $\angle PQA = \angle SQA$

結論 $PB \parallel QA$

(2) $l \parallel m$ から錯角相等より $\angle RPQ = \angle SQP$

$\angle RPQ + \angle QPB = \angle PQA + \angle SQA$

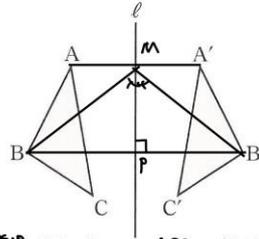
$\therefore \angle RPQ = \angle QPB = \angle PQA = \angle SQA$

$\angle QPB = \angle PQA$ から錯角相等から

$PB \parallel QA$ (Q.E.D.)

2024/11/13 中1幾何 第15回ワークシート

問題1 以下の $\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ を直線 ℓ を対象の軸として対称移動させたものです。このとき、 $AB = A'B'$ であることを証明しなさい。必要に応じて補助線をひき、新たな点に名前を付けて証明すること。垂直二等分線の性質は用いてよい。



前提 $BP = B'P$, $\angle MPB = \angle MPB' = \angle AMP = \angle A'MP = \angle R$

$AM = A'M$

結論 $AB = A'B'$

(証明) $BP = B'P$ (仮定より)

$\angle MPB = \angle MPB'$ (仮定より)

$MP = MP$ (共通)

$AM = A'M$ (仮定より)

$\angle ABP = \angle A'B'P$

$MB = MB'$

$\therefore \triangle MPB \cong \triangle MPB'$

$\therefore MB = MB'$ また $\angle BMP = \angle B'MP$

$\angle AMP = \angle A'MP$ から $\angle BMP = \angle B'MP$

で $\triangle MBP \cong \triangle MB'P$

よって $\triangle AMB \cong \triangle A'MB'$

AB と $A'B'$ はそれぞれ合同な三角形

の対応辺であるから等しい

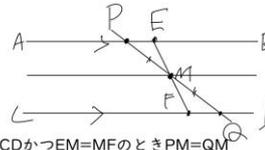
(Q.E.D.)

問題1 以下の命題を証明することを考えます。

3. 二直線 AB, CD が平行なとき、 AB, CD 上にそれぞれ任意の点 E, F をとり、 EF の中点を M とする。 M を通る任意の直線が AB, CD と交わる点をそれぞれ P, Q とすれば、 $PM = QM$

(1) 図と題意を書きなさい。

(2) 上の命題を証明しなさい。



(1) $AB \parallel CD$ かつ $EM = MF$ のとき $PM = QM$

(2) 錯角相等より、 $\angle PEM = \angle QFM$, $\angle EPM = \angle QFM$

対頂角相等より $\angle PME = \angle QMF$

直線 EM と直線 FM が等しく、よって三角形 PEM と三角形 QFM は合同

3辺相等により $PM = QM$ (Q.E.D.)

問題2

「二辺夾角相等」ではなく「二辺一角相等」では合同にならないのは何故かを考えます。例えば $AB = 6, BC = 8, \angle C = 45^\circ$ である三角形が一通りになるかどうか、図をかいて考えてみなさい。(図は定規などを使わずにかくこと。)

また、「二角夾辺相等」についても同様に考えてみなさい。

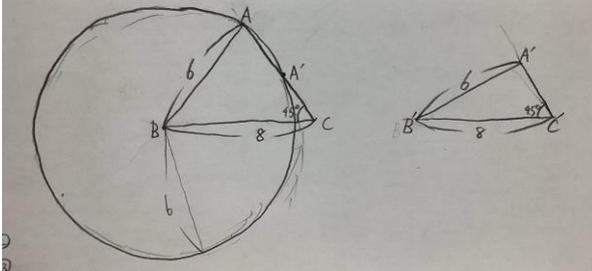


図7 学習者の問題解決の例

(上段左より MetaMoji 手書き・MetaMoji 手書き・紙手書き・MetaMoji キーボード)

紙に印刷したものも準備しておき、希望者に配布した。

図7は学習者がワークシートにおいて取り組んだ問題解決の例である。使用したメディアやデバイスに関わらず、学習者がよく問題解決に取り組んでいる様子がみてとれた。

4.3. 調査の結果と分析

4.3.1. (I) 認識の変容をはかるための調査の単純集計

(I) 認識の変容をはかるための調査について、質問項目を頻度を問うた項目、両者の比較を行った項目の2つに分けて結果をあらわした。表14は⑤端末上での数学問題解決の頻度について事前と事後の調査結果を集計したものである。カイ2乗検定を行ったところ事

表 14 (I) 認識の変容をはかるための調査 ⑤ (頻度の項目) 単純集計 (N = 154)

	高頻度 1	2	3	4	5	6	7 低頻度
⑤ 端末上での数学問題解決の頻度(事前)	11*	22**	11	20*	10	9	71**
	(7%)	(14%)	(7%)	(13%)	(6%)	(6%)	(48%)
⑤ 端末上での数学問題解決の頻度(事後)	28**	68**	13	9*	4	6	26**
	(18%)	(44%)	(8%)	(6%)	(3%)	(4%)	(17%)

** $p < .01$ * $p < .05$ + $p < .1$

選択肢 1: ほぼ毎日 2:1 週間に 1 回程度 3:2 週間に 1 回程度 4:1 ヶ月に 1 回程度
5:2 か月に 1 回程度 6:学期に 1 回程度 7:iPad 上では数学の問題は解かない

表 15 (I) 認識の変容をはかるための調査 ③④⑥ (両者の比較の項目) 単純集計 (N = 154)

	前者が良い				後者が良い
	1	2	3	4	5
③ 説明スライドは PDF か紙か(事前)	32 (21%)	17 (11%)	34 (22%)	20 (13%)	51 (33%)
③ 説明スライドは PDF か紙か(事後)	34 (22%)	23 (15%)	32 (21%)	17 (11%)	48 (31%)
④ ワークシートは PDF か紙か(事前)	27** (18%)	15 (10%)	28 (18%)	23** (15%)	61** (40%)
④ ワークシートは PDF か紙か(事後)	57** (37%)	23 (15%)	33 (21%)	8** (5%)	33** (21%)
⑥ 数学の問題解決は端末か紙か(事前)	11** (7%)	11 (7%)	24+ (16%)	19 (12%)	89** (58%)
⑥ 数学の問題解決は端末か紙か(事後)	41** (27%)	17 (11%)	36+ (23%)	14 (9%)	46** (30%)

** $p < .01$ * $p < .05$ + $p < .1$

前と事後で人数に有意差が見られた ($\chi^2(6) = 59.308, p < .01$). 残差分析をおこなったところ選択肢のうち「1」「2」は事前が有意に少なく事後が有意に多かった. また、「4」「7」の選択肢は事前が有意に多く事後が有意に少なかった.

表 15 は③説明スライドは PDF か紙か, ④ワークシートは PDF か紙か, ⑥数学の問題解決は端末か紙か, の 3 項目について集計した結果である. それぞれカイ 2 乗検定を行ったところ③説明スライドは PDF か紙か, では事前と事後で有意差は見られなかった. ④ワークシートは PDF か紙か, については事前と事後で人数差が有意だった ($\chi^2(4) = 28.407, p < .01$) ため, 残差分析を行ったところ選択肢のうち「1」は事前が有意に少なく事後が有意に多く, 「4」「5」は事前が有意に多く事後が有意に少なかった. ⑥数学の問題解決は端末か紙か, についても事前と事後で人数差が有意で ($\chi^2(4) = 35.447, p < .01$), 残差分析の結果選択肢のうち「1」は事前が有意に少なく事後が有意に多く, 「5」は事前が有意に多く事後が有意に少なかった.

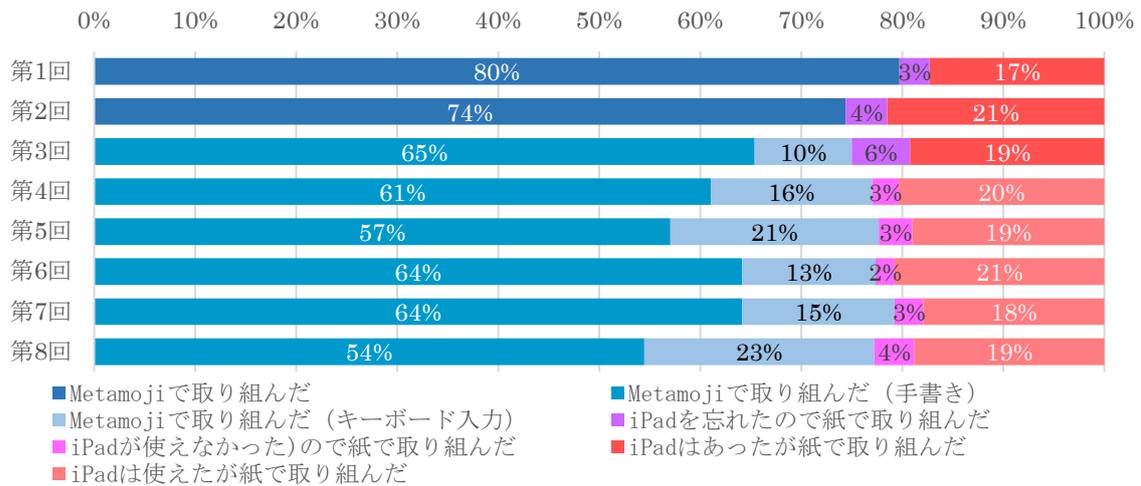


図 8 (II) 毎回の調査 学習者の取組状況について (赤間(2025)図 2 より引用)

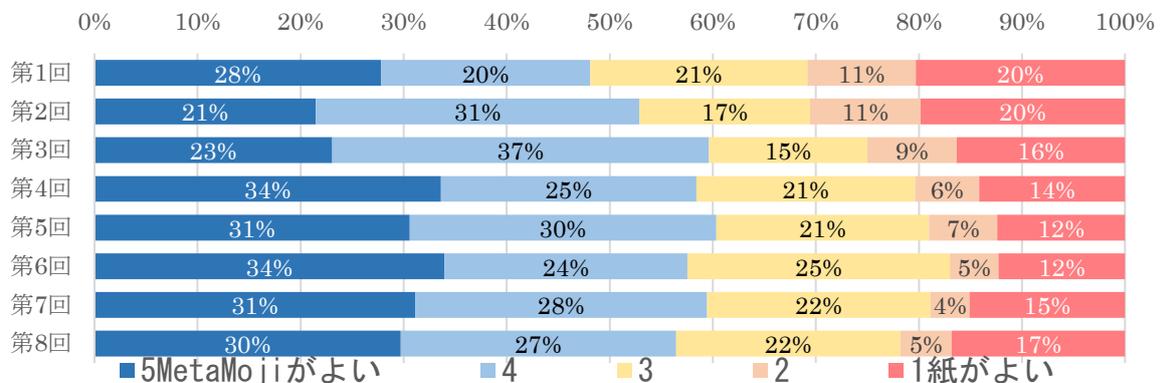


図 9 (II) 毎回の調査 学習者の選択状況について (赤間(2025)図 3 より引用)

4.3.2. (II) 毎回の授業における調査の単純集計

次に毎回の授業における調査の結果について示す。図 8 は(1)回答者がその回の授業で MetaMoji と紙のいずれで取り組んだと答えたかを図示したものである。4.1.3 節で述べたように第 3 回、第 4 回に選択肢を修正した。各回比較して大きな変化は見られず、一貫しておよそ 6 割程度が MetaMoji を利用して手書きで取り組み、2 割が MetaMoji を利用してキーボードで、2 割が紙で取り組んでいた。

図 9 は(3)回答者が MetaMoji と紙のどちらで取り組むほうがよいと感じたかを図示したものである。こちらも各回の回答にそれほど大きな差は見られず、おおむね 6 割前後が MetaMoji に肯定的な「5」「4」の選択肢を、2 割程度が中立である「3」の選択肢を、2 割程度が MetaMoji に否定的な「2」「1」の選択肢を選んでいった。

図 10 は(2)前回の授業での使用媒体と(1)今回での使用媒体が異なるものについて、前回から今回の変化の状況を示したものである。ただし、分母は各回の回答者数である。"MetaMoji"にはデジタルペンをを用いた手書きとキーボード使用のいずれも含まれており、"MetaMoji → MetaMoji"の項目は MetaMoji の手書きとキーボード使用のあいだ

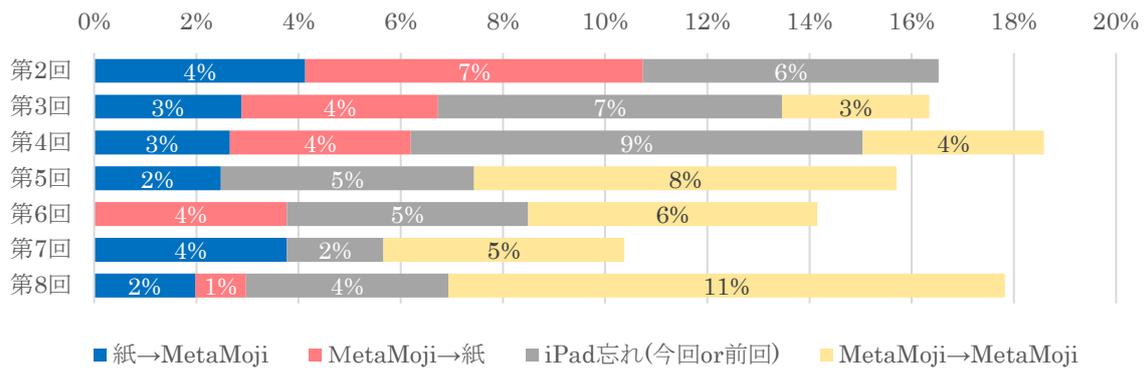


図 10 (II) 毎回の調査 前時からの変化について (赤間(2025)図 4 より引用)

表 16 (I) ⑥問題解決は端末か紙かの事前事後での変容と①理解度・②取組度のクロス集計

	デジタルへ変容				紙へ変容				計		デジタルへ変容				紙へ変容				計
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3			-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	
高理解	8	8	14	7	38	4	2	2	83	高取組	11	7	15	11	39	4	2	2	91
中理解	7	6	11	8	20	5	2	1	60	中取組	7	7	11	6	16	4	3	0	54
低理解	3	0	2	2	3	0	1	0	11	低取組	0	0	1	0	6	1	0	1	9
計	18	14	27	17	61	9	5	3	154	計	18	14	27	17	61	9	5	3	154

の移動を意味する。各回前時からの変化の割合にやや差が見られたが、iPad 忘れの者も含めるといずれも 10%から 20%の回答者が使用媒体を変更していた。

4.3.3. ⑥端末か紙かの回答の変容と①授業理解度、②授業取組度のクロス集計

表 16 は⑥数学の問題解決は端末と紙のどちらがよいかの質問の事前・事後での変容（例えば事前が「3」で事後が「2」である回答者は事前と事後での変容を $3-2 = -1$ としているため、数字が小さいほど事前から事後でデジタルに変容していることになる）と、①授業理解度、および②授業取組度の項目についてクロス集計をとったものである。①授業理解度、および②授業取組度についてはいずれも回答の 0~10 のうち 8~10 を高い段階（高理解・高取組）、4~7 を中程度の段階（中理解・中取組）、0~3 を低い段階（低理解・低取組）に分類した。高理解・中理解・低理解の各群のあいだ、および高取組・中取組・低取組の各群のあいだに目立った差は認められなかった。

4.3.4. ⑥端末か紙かの理由の記述の分類

次に、⑥端末か紙か、の回答について事前と事後の変容の原因について理由の記述から分析する。表 17・表 18 は⑥端末か紙か、の項目の理由の記述について、肯定 / 中立 / 否定の立場と、紙 / MetaMoji のどちらについての記述かの基準でカテゴリ化したものである。表 17 が事前実施分について、表 18 が事後実施分についてそれぞれ集計したも

表 17 (I)⑥問題解決は端末か紙か(事前)の理由の記述の分類

媒体	カテゴリ名	記述数	具体的な記述の例
MetaMoji 肯定	取り組みやすい	4	キーボードが使える, 修正が楽など
	書きにくい	4	iPad に書きにくいなど
	慣れていない	3	使い慣れていない, 準備に時間がかかるなど
中立	よさの違い	3	紙には紙の, iPad には iPad のよいところがある, 使い分けるなど
紙 肯定	書きやすい	18	紙の方が書きやすい, 書き込みやすいなど
	取り組みやすい	13	作業しやすい, 早い, 計算が早くできるなど
	紙が好き	4	紙の方が何となく好き, 筆記用具を使いたいなど
	記憶しやすい	4	紙に書いた方が記憶に残る, 書いた方が分かるなど
	実物感	2	課題があると実感できる, 試験と同じ

表 18 (I)⑥問題解決は端末か紙か(事後)の理由の記述の分類

	カテゴリ名	記述数	具体的な記述の例
MetaMoji 肯定	取り組みやすい	13	机がなくとも取り組める, すぐにできる, キーボードが使える, 失くさないなど
	共有できる	4	みんなの回答が見られる, 色々な解き方が分かるなど
	図を描くのが楽	3	線が引きやすい, 図を描くのが楽など
MetaMoji 否定	取り組みにくい	2	疲れる, 気が散るなど
中立	よさの違い	5	iPad は管理しやすく紙は書きやすい, 長所短所があるなど
紙 肯定	書きやすい	11	早く書ける, 消しやすい, メモしやすいなど
	取り組みやすい	10	解きやすい, 考えを整理しやすい, 自由度が高いなど
	実物感	3	描いている感覚が鮮明に残る, 受験は紙だからなど
	図を描くのが楽	2	図を描くのが楽

のである。紙・肯定および中立のカテゴリは事前と事後を比較して目立った変化は見られなかった。一方で MetaMoji・肯定については事前ではそもそも記述がほとんど見られなかったものの、事後には「取り組みやすさ」を中心として具体的なメリットの記述が多く見られるようになった。

4.4. 考察

4.4.1. 学習者はどのように学習に取り組んでいたか

授業においては MetaMoji と紙のどちらで取り組んでもよいと指示していたが、表 14 や図 8 より毎回 8 割弱の学習者が MetaMoji で取り組んだ。また、図 10 より各回の授業で 10% から 20% の学習者が前回とは異なる媒体を使って学習に取り組んでいた。これらの結果から多くの学習者は MetaMoji など媒体の選択について自ら学習媒体を判断しながら取り組んでいたと考えられる。

4.4.2. MetaMoji などの学習支援アプリケーションの活用は学習者の認識を変え得るか

表 15 より、⑥数学の問題解決は端末と紙のどちらがよいか、の項目については事前と事後を比較すると端末のほうがよい、という回答が有意に多く変容しており、また紙のほうがよい、という回答は有意に少なく変容していた。同時にワークシートを紙で配布すべきである、という回答が有意に少なく変容しており、PDF でもよい、という回答が有意に多く変容していた。4.4.1 節で述べたように各回いずれも 8 割前後の学習者が MetaMoji で取り組んでいたことから、MetaMoji の利用が認識の変容をもたらしたと考えるのが自然であろう。

表 16 の結果より、変容が見られた回答者の割合は高理解・中理解・低理解の各群のあいだでも、高取組・中取組・低取組の各群のあいだでも目立った差は見られなかった。この変容は回答者の学習の達成度に依存せずに起こっていたと考えられる。また、図 9 の結果より、各回において学習者の”MetaMoji がよい”という回答には目立った変化は見られなかった。このことから、この態度変容は学習者の MetaMoji への習熟などにより徐々に起こったのではなく、MetaMoji のアプリを用いた学びを体験したことに対する反応によるものと考えられる。

4.4.3. 何が変容をもたらしたのか

表 17 および表 18 より、⑥問題解決は端末か紙か、の項目の理由の記述についても事前と事後で変容が見られた。MetaMoji・肯定に分類される記述の記述数が事前に比べて事後で増えており、その内容も取り組みやすいこと、共有ができることなど具体的に試みて実感したよさが述べられていた。表 14 よりほとんどの学習者は事前調査実施時には情報端末を利用して数学の問題解決を行った経験に乏しかった。事前調査では多くの回答者はその経験のなさから⑥端末か紙か、の質問において紙を選んだと考えられる。”MetaMoji”を用いた学習支援アプリケーションによる学びを経験し、そのよさを感じたことで理由の記述に変化が見られたものと考えられる。

4.4.4. 1人1台端末を活かした学びには何が必要なのか

前節までの議論より、1人1台端末を活かした学びを進めるためには情報機器に習熟させることなどに時間をかけて学習者の準備性を高めることよりも、学習活動のなかに学習者にとって使いやすく効果的であると感じさせるような学習支援アプリケーションを導入

するなどの、学習環境を整えることのほうが重要であることが示唆された。

一方で、図 8、図 9 より、2 割程度の学習者は一貫して情報端末よりも紙で学習に取り組むほうがよいと思い、実際に紙で学習に取り組んでいた。今回は学習者が課題や自分自身の特徴に合わせて媒体を自由に選択できるように学習環境を設計したことがうまく機能したように思われる。ただし、今回のように「不慣れな学習者」が取り組みやすい、と感じるような学習アプリケーションの要件や、すべての学習者が 1 人 1 台端末で学習に取り組みたいと思えるような学習環境や学校文化がどのようなものであるか、については引き続き検討される必要があるだろう。

5. 研究の成果と今後の課題

5.1. 研究の成果

5.1.1. 理科における研究の成果

理科における研究では中学2年生を対象とした実験において1人1台端末を活用するような場面を設けて授業を実施し、様々な場面において学習者が紙に比べて有用であると感じるかを質問紙調査により検証した。

その結果総合的にはおよそ95%の回答者が授業における情報端末の有用性について「かなり有用」または「やや有用」と回答していた(表8)。一方で個別の学習場面をみると、資料の共同編集や共有、プレゼンテーションの場面では情報端末のほうが紙よりもよい、という回答が多かったが、実験手順の参照や実験の考察の場面などでは紙を支持する意見が拮抗していた(表6)。授業における情報端末の有用性についての質問項目の理由の記述をみると、「かなり有用」と回答した回答者は様々な活用場面があることや使いやすいことなど具体的な活用場面を見出しており、「やや有用」「あまり有用でない」と回答した回答者は情報端末を用いるのが適している場面と、紙を用いるのが適している場面の両方があるように回答している回答者が多くみられた(表10)。

以上より、ほとんどの回答者が情報端末がよい、と回答した共同編集や共有、授業外学習での利用などにおいてはもはや情報端末の理由は必須であるということができよう。一方で、少なくない学習者が紙にも「よさ」があるような学習場面があると回答していることから、場面ごとの使い分けを行うことや学習者の特性・嗜好にあわせて複数の選択肢を用意することなどの授業設計が必要であろう。

5.1.2. 数学科における研究の成果

数学科における研究では中学校1年生を対象とした全8回の「幾何」の授業において学習支援アプリケーション”MetaMoji”を利用した授業設計に基づく授業を行い、学習者が数学の問題を情報端末を利用して解くことに対する認識の変容がおこることを事前調査と事後調査の比較や、各回の授業における学習者の感想などの収集により検証した。

その結果数学の問題解決を紙よりも情報端末上で行うほうがよい、という回答者が事前より事後で有意に多く、また授業ワークシートを紙で配るべきである、という回答者が事前より事後で有意に少なく変容していた(表15)。この変容は高学力層・中学力層・低学力層の別に関わらず起こっており(表16)、授業の実施によりMetaMojiが徐々に受け入れられていった、というのではなく授業回による差はほとんど見られなかった(図9)。

理由の記述を見るとMetaMojiに肯定的な回答者の理由の記述をは事前にはほとんどみられなかった一方で(表17)、事後には「取り組みやすいこと」や「共有ができること」などの具体的に試してみて実感したよさが述べられていた(表18)。ほとんどの学習者は事前に数学の問題を情報端末を用いてと置いた経験に乏しかったため(表14)、実際に学

習支援アプリケーションを体験し、よさを感じたことによる反応として変容が起こったと考えることができるだろう。

これらの議論から、数学科において1人1台端末を活用した学びを進めるためには情報端末に習熟させることなどに時間をかけて学習者の準備性を高めるよりも、学習活動のなかに学習者にとって使いやすく効果的であると感じさせるような学習支援アプリケーションを導入するなどの、学習環境を整えることのほうが重要であることが示唆された。

一方で、情報端末よりも紙で学習に取り組みたい、と考える学習者も2割程度見られたため(図8, 図9)、学習者が課題や自身の特徴にあわせて使用媒体を自由に選択できるような学習環境の設計が肝要であろう。また、すべての学習者が情報端末で学習に取り組みたい、と思えるような学習環境や、その促進を下支えする学校文化の可能性についても検討される必要がある。

5.2. 結論と今後の課題

本研究の目的は学習者の1人1台端末を授業においてうまく利用することで授業内の活動が学習者にとってより効果的で、効率的で、魅力のあるものを感じられるものになり得ることを検証することであった。理科、数学科ともに端末を活用することの有用性について広く支持を得ることができたことから、1人1台端末の利用が学習者にとって効果的・効率的であったことは確認されたといえる。

また、調査の理由の記述などをみると、学習者からより支持を受けたのは資料を端末で閲覧する、紙に書いていた内容を情報端末で書く、といったSAMRモデルにおける”S”や”A”といった「強化」の段階にあたるような活動ではなく、資料を共同編集する、発表をスライドを利用して行う、他者の問題解決を参照する、入力デバイスとして手書きとキーボードのどちらも利用できる、過去の学習データを閲覧することができる、といった今までの学習環境では不可能であった、SAMRモデルにおける”M”の段階にあたるような活動が評価された、と捉えることができる。情報端末を利用することの「魅力」は情報端末でしか実現できないような新しい学習場面の実装にある、ともいえる。

近年ICT機器を教師が教えるための教具ではなく学習者が学びを進めるための道具にすべきである、という「ICT機器文具論」を聞くことが多い。その理念には同意するところが大きいですが、一方でICT機器を学習者にただ与えて使わせるだけでその理念が実現できる、とは思えない。情報端末の可能性に触れるような教師の「足場かけ」が十分になされなければ、学習者は情報端末をただの「授業中に使える無駄に大きなスマホ」や「不便なPC」としかみなさず、情報端末の使われ方はSAMRモデルにおける「強化」の段階に留まるだろう。学習において情報端末の導入が学びにどのような魅力的な変革を与えるのか、について引き続き検討されていく必要があるだろう。

6. 付記

本報告のうち、数学科における研究については赤間（2025）をもとにしたものである。

引用・参考文献

赤間祐也（2020）中高数学科における Beamer を用いた教材作成と遠隔授業実践の報告。

日本デジタル教科書学会発表予稿集, 9: 41-42. https://doi.org/10.20755/jsdtp.9.0_41

赤間祐也（2024a）1人1台端末を用いた協働的な学びの模索：“GEOMAG”を利用した多面体を作る活動を通して。日本数学教育学会大会発表要旨集, 106: 526.

赤間祐也（2024b）中高数学科授業における情報端末の使用環境についての調査：数学の問題を手書きで書くことについて。教育システム情報学会研究報告, 39(2): 66-70.

赤間祐也（2025）中学校数学科における情報端末を用いた問題解決に対する認識の変容：学習支援アプリ“MetaMoji ClassRoom”を活用して。教育システム情報学会研究報告, 39(5): 50-57.

赤間祐也, 前廣清香（2024）. 理数系教科における ICT 機器を利用した授業の設計と評価 公益財団法人東京都私学財団令和5年度（2023年度）私立学校研究助成事業報告書. 武蔵高等学校中学校.

(株)MetaMoji “MetaMoji ClassRoom - GIGA スクール構想 1人1台に最適なリアルタイム学習支援アプリ”

<https://product.metamoji.com/education/> (参照日 2024.12.08)

(株)MetaMoji（2023）iOS用 MetaMoji ClassRoom 操作ガイド第12版.

三井一希（2014）SAMR モデルを用いた初等教育における ICT 活用実践の分類。日本教育工学会研究報告集, 2014(2): 37-40.

三井一希, 戸田真志, 松葉龍一, 鈴木克明（2020）小学校におけるタブレット端末を活用した授業実践の SAMR モデルを用いた分析。教育システム情報学会誌, 37(4): 348-353. <https://doi.org/10.14926/jsise.37.348>

文部科学省（2024）高等学校における学習者用コンピュータの整備状況について(令和6年度当初).

https://www.mext.go.jp/content/20240806-mxt_jogai02-000020467_01.pdf

(参照日 2024.8.18)

中村瑠香ほか6名（2022）1人1台の情報端末を活用した授業実践が掲載された書籍を対象とした SAMR モデルを用いた実践事例の分類。日本教育工学会研究報告集, 2022(2): 68-75. https://doi.org/10.15077/jsetstudy.2022.2_68

Puentedura, R. R. (2006) Transformation, technology, and education

<http://hippasus.com/resources/tte/> (参照日 2024.8.21)

高橋純（2022）1人1台端末を活用した高次な資質・能力の育成のための授業に関する検討，日本教育工学会研究報告集，2022（4）：82-89.

https://doi.org/10.15077/jsetstudy.2022.4_82

戸田市教育委員会（2022）令和4年度指導の重点・主な世策～とだっ子 やり抜く力で未来に夢を～.

https://www.city.toda.saitama.jp/uploaded/life/110683_222239_misc.pdf

（参照日 2024.8.22）

東京大学社会科学研究所・ベネッセ教育総合研究所 編（2023）子どもICT利用に関する調査2023ダイジェスト版.

https://berd.benesse.jp/up_images/research/ICT_tyousa_2023_231025_2_compressed1.pdf

（参照日 2023.12.14）

共同研究者

（代表）赤間 祐也（数学科教諭）

前廣 清香（理科 教諭）